M. Smoluchowski

Rudzki jako geofizyk.

posiedzenie Kopernika
28/11 1926

odczyt opracowany dla „Kosmosu" (Prof. R. Zuber) 1

Rudzki jako geofizyk

Uniwersalny, wszechstronny umysł Rudzkiego obejmował cały szereg nauk szczegółowych i w każdej z nich zdołał był zająć miejsce przodujące; najsilniej jednak pociągała go zawsze geofizyka; ją uważał za właściwą swoją specjalność i przez swe badania w tej dziedzinie nabył rozgłos europejski.

Zdaje mi się, że powodem tego nie były przypadkowe okoliczności – jak właśnie kierunek studyów i wpływ profesorów uniwersyteckich (z pomiędzy których Suess i Stefan w Wiedniu, wielkie na nim wywarli wrażenie), lecz przyczyna głębsza. Geofizyka musiała najlepiej odpowiadać wrodzonym skłonnościom umysłu Rudzkiego. Wszak nauka ta z jednej strony zabarwiona jest całym czarem przyrody – i to nie tej skarłowaciałej przyrody, jaką obserwujemy w naszych laboratoryach, murach i ogródkach, ale tej, która daje nam odczuć całą swoją wielkość i potęgę w najwspanialszych swych zjawiskach, w górach, na morzu, przy trzęsieniu ziemi, w burzy –. Tem geofizyka musiała ująć Rudzkiego, tak wielkiego, fanatycznego miłośnika przyrody, a z drugiej strony nauka ta właśnie odpowiadała tak charakterystycznej dążności umysłu Rudzkiego: jego dążeniu do ścisłości matematycznej w rozumowaniu.

Ta wrodzona ścisłość umysłu, ta skłonność do sceptycyzmu względem wszelkich spekulacyj, nie dających się udowodnić z absolutną pewnością, była powodem, że nie zadowolił się geologią, której się oddawał początkowo; ona go skłoniła do tego, że z pomocą ciężkiej pracy autodydaktycznej przyswoił sobie metody matematyki wyższej i fizyki teoretycznej i że się oddał z całym zapałem nauce, która stosuje ściśle metody rozumowania matematycznego

w rozwiązywaniu
~~najdłuższ zastosowanie w polu~~ największych problemów przyrody ziemskiej, tj. geofizyce.

zastanawiał się
I na polu samej geofizyki [illegible] (zarazem ~~udział do tych którzy (obecnie)~~) raczej do

ostrożnego
krytycznej ~~analizy~~, do matematycznego kontrolowania i uzupełniania teorji

istniejących, niż do budowania fantastycznych hypotez, do czego i na tem polu tyle jest sposobności

i nie dających się sprawdzić

wynędzniałości
Pozwolę sobie zacytować kilka słów z ~~rozdziału~~ artykułu o geofizyce, który ~~niedawno ogłosił~~ w

charakteryzujących
druku w warszawskim Poradniku dla Samouków.... „Ilość hypotez, które stawiano w celu

objaśnienia epoki lodowej, jest ogromna. Nie sądzę jednak aby literatura ta była warta
Niezbędnych przyczyn epoki lodowej jest wiele, ale nie mamy przyjmujący dotychczas, dostatecznego kryterjum aby rozstrzygnąć które z nich najwłaściwsze(?)
studjowania. Być może że wśród licznych hypotez jest jakaś która trafnie odgadła prawdę.
prawdziwą.

Ale jak to sprawdzić? Gdy ktoś odgadnie przyszłość, to jeśli nie my sami, ~~#~~ to nasi następcy

będą mogli sprawdzić przepowiednię; ale gdy ktoś odgadnie przeszłość, to sprawdzenie jest absolutnie niemożliwe

sceptycyzm wobec ~~#~~ ponad teorje odbiegające z zakresu kładąc ~~jego~~ ogólnego)
Charakteryzuje to dobrze jego (nieufność wobec nieprawdopodobnych hypotez; on uznaje tylko w

nie
to co daje się matematycznie, ściśle udowodnić, i takiej stosuje (wszelkie w ~~tej~~ tylko strony

(z powodu trudności zewnętrznych) dla niespecjalistów wniknąć w jego badania i ocenić należycie) tych prac
kierować. Dlatego też) trudno ~~dać~~ ~~dostatecznie~~ ~~ocenić~~ i (doniosłość i owocność ~~tych~~,

dzięki stanowisko (uniwersalnej)
~~Rudzkiego~~ którym Rudzki się wyznawał na (pierwszorzędnej) pozycji w zakresie swej nauki, ~~który~~

~~z którą połączona się mogło tylko niewiele z innych dziedzin~~.

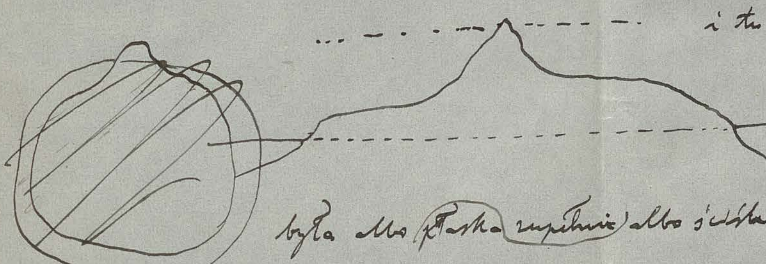
Sądzę więc że postąpię najlepiej, jeśli dalej nie będę się zapuszczał w szczegółowe

(w analizie ich metod i wyników
rozstrząsanie prac Rudzkiego, (tylko spróbuję dać ogólnikowy pogląd na rodzaj ~~problemów~~

— a co było i tak czasem nie ostrożne —

zagadnień, któremi się najchętniej zajmował.

Wymieńmy przedewszystkiem fundamentalny problem geofizyki: ~~kszt~~ <u>rozmiary i kształt kuli ziemskiej.</u> Na pozór wydaje się prostą: (systematyczne) pomiary tryangulacyjne, metody geodetyczne dają nam poznać kształt ziemi, odległości i wysokości wszystkich punktów z dowolną dokładnością, wydaje się, że nie ma tu wcale pola na jakieś spekulacye. A jednak, co to znaczy, jeśli mówimy np. że szczyt Giewontu wznosi się na 1900 m ponad poziom morza? Wszak morze nie sięga aż do stóp Giewontu. Tylko wyobrażamy sobie (przedłużoną) powierzchnię poziomu morza wśród lądów aż pod sam Giewont i określamy jej pionowy odstęp od wierzchołka góry, albo też wyobrażamy sobie, że od szczytu góry powierzchnię poziomu ~~[illegible]~~ przedłużamy (wciąż zgodnie z natężeniem siły ciężkości) aż nad morze i tu mierzymy odstęp.



Rzecz byłaby nadzwyczajnie prostą, gdyby powierzchnia morza była albo płaska zupełnie albo ściśle kulista. Tymczasem jest to (dokładnie biorąc) powierzchnia o kształcie nadzwyczajnie zawiłym, wskutek nierównego rozkładu mas grawitacyjnych, ~~wyb wskutek~~ obniżona na oceanach, spiętrzona (w sposób nieregularny) ku ~~kraw~~ brzegom kontynentów (wskutek przyciągania tychże). A jak pomyśleć sobie jej przedłużenie wśród kontynentów, to wskazać mogą tylko obliczenia teoretyczne, przy których w rachubę brać trzeba gęstość skał i kształt wzniesień kontynentalnych.

Powierzchnię taką, ~~ukł~~ składającą się z powierzchni morza oraz z jej ~~danych~~ obliczonego przedłużenia wśród lądów, nazywamy <u>geoidą</u>. Słynny uczony niemiecki <u>Helmert</u> podał metodę obliczenia ~~[illegible]~~ tej powierzchni t.zw. <u>metodą kondensacyi</u>, a <u>Rudzki</u> podał sposób inny 2) pod pewnymi względami doskonalszy, oparty na założeniu, że owa powierzchnia posiadają powierzchnię o niezmienionej wartości potencyału grawitacyjnego, sposób, który powinien jeszcze znaleźć wielkie zastosowanie w t.zw. geodezyi wyższej.

Rozumiemy też, że kwestye te łączą się ściśle z <u>problemem rozkładu ciężkości</u> na powierzchni

ziemi, a zwłaszcza jej redukcyi na poziom morza i jej anomalii lokalnych, tworzących najsilniejszą podporę (obecnie przeważnie przyjętej) słynnej teoryi izostazyi Pratta, do której w dalszym ciągu jeszcze powrócimy. Rudzki sam, wspólnie z owczesnym asystentem p. Z. Grabowskim, wykonał w r. 1902 takie precyzyjny pomiar siły ciężkości w Krakowie i znalazł liczbę g = 981·071, prawie identyczną z liczbą 981·069 znalezioną w r. [illegible] przez [illegible].

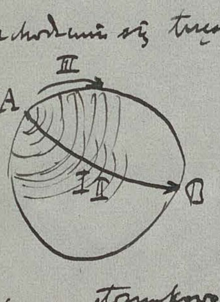
Przejdźmy do innego działu, do ulubionych badań Rudzkiego, w zakresie których zasłynął jako właściwy specyalista: do sejsmologii. Jest to istotnie może najciekawsza część geofizyki, już z tego powodu, że trzęsienia ziemi są najwłaściwszym materyałem do poznania struktury wnętrza ziemi. Chcąc poznać zawartość albo strukturę jakiegoś ciała przezroczystego, prześwietlamy je, czyli przesyłamy przez nie fale światła i obserwujemy przebieg promieni świetlnych. Podobnie zrozumieć możemy, że sposób jak fale elastyczne, fale trzęsienia ziemi przechodzą przez ciało ziemi, daje nam najpoważniejsze wskazówki o wewnętrznym jej stanie. Doświadczeń takich naturalnie nie możemy robić umyślnie, dowolnie, tylko musimy czekać aż nadarzy się okazya obserwowania trzęsienia ziemi. Na szczęście sposobności jest ku temu dosyć, gdyż obliczono, że na rok przypada conajmniej 30.000 takich trzęsień ziemi, (przeważnie naturalnie lekkich drgnień, niedostrzegalnych dla laika ale dających się zanotować przez nasze dzisiejsze przyrządy) na całej kuli ziemskiej. Nie brak zatem materyału doświadczalnego, zwłaszcza że istnieje obecnie przeszło 100 stacyi samozapisujących i chodzi tylko o umiejętne objaśnianie rezultatów zdobytych.

Pozwolę sobie przypomnieć Państwu pewne fakty z fizyki doświadczalnej, mianowicie że ciała stałe izotropowe (równokierunkowe) posiadają dwa współczynniki; czyli dwa rodzaje sprężystości: objętościową i postaciową, a wskutek tego też przez ciała stałe przechodzić mogą dwa rodzaje fal sprężystych: fale dylatacyjne, czyli podłużne, analogiczne do fal głosowych oraz fale torsyjne czyli poprzeczne, analogiczne do fal poprzecznych struny napiętej lub do ~~drgań~~ fal świetlnych.

że gazy i ciecze posiadają wyłącznie sprężystość objętościową a nie mają żadnej sztywności postaci, i zgodnie z tem też tylko fale dylatacyjne czyli podłużne w nich się mogą rozchodzić, które obserwujemy w zjawiskach głosu.

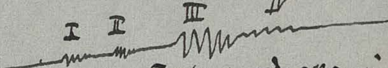
Ciała stałe (izotropowe) natomiast posiadają dwa współczynniki sprężystości, charakteryzujące sprężystość objętościową i także sprężystość postaci, a wskutek tego przez ciała stałe przechodzić mogą dwa rodzaje fal sprężystych: takie same fale podłużne jak w płynach, a oprócz nich także nieco powolniejsze fale poprzeczne czyli torsyjne, w których cząstki drgają poprzecznie do kierunku rozchodzenia się fali. Wreszcie wykazał Lord Rayleigh i Lamb, że wzdłuż powierzchni ciała stałego jeszcze trzeci rodzaj fal może się rozchodzić (i to z jeszcze mniejszą prędkością niż właśnie wymienione fale), których mechanizm poniekąd przypomina sposób, jak fale wodne wzdłuż powierzchni wody postępują, z tą jednak różnicą, że mechanizm ten polega na siłach sprężystości, nie zaś grawitacyjnych.

Otóż analiza sejsmogramów wykazała, że na ogół właśnie te trzy rodzaje fal występują przy rozchodzeniu się trzęsienia ziemi z jakiegoś punktu ziemi A. Najszybciej postępują fale podłużne, z prędkością 7 km a w głębiach ziemi do 12 km na sekundę; za niemi, rozchodzące się z mniejszą prędkością, około 4 km na powierzchni, 7 km w głębi, idą fale poprzeczne,



a wreszcie przybywają fale Rayleigha, postępujące wzdłuż powierzchni ziemi, więc po stosunkowo dłuższej drodze, z prędkością 3-4 km.

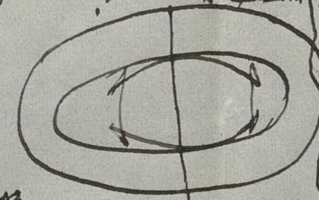
Sejsmograf zakreśla zatem na przesuwającej się taśmie papieru diagram rodzaju



w którym zazwyczaj dają się rozróżnić owe trzy rodzaje fal (jako trzy charakterystyczne fazy tzw. faza wstępna pierwsza i druga oraz faza główna. Ta ostatnia odznacza się największymi wychyleniami; po niej jeszcze następuje tzw. ogon IV, fale stopniowo zanikające i stosunkowo długim okresie, które odpowiadają zapewne owym poszczególnym odgłosom grzmotu, jakie po właściwym huku grzmotowym następują.

Z odstępów czasu między temi różnemi fazami (zob. ryc. I, II) można nawet, za pomocą pewnych reguł empirycznych wnioskować o odległości; z tego pochodzi trzęsienia ziemi, podobnie jak możemy obliczyć odległość pioruna z przerwy czasu między błyskiem i hukiem do ucha.

To jest teorya przyjęta przez dzisiejszą sejsmologię. Badania Rudzkiego na tem tle odnosiły się w szczególności do dwóch zagadnień. Zauważył on, że skały, z których się składa zewnętrzna skorupa ziemi, zazwyczaj nie są to ciała równokierunkowe, lecz jak łupki, gnejsy, a także wiele granitów, posiadają strukturę różnokierunkową, anizotropową (wskutek ciśnienia jednostronnego, któremu te materyały podlegały) przyjęły one inną właściwość w kierunku stycznym do pewnej płaszczyzny symetryi, a inną w kierunku prostopadłym do tej płaszczyzny. Dalej Rudzki dowodzi za pomocą subtelnej analizy matematycznej, że w takich ośrodkach wschodzą się nie dwie fale, podłużna i poprzeczna, jak w ciałach izotropowych, ale trzy fale (o charakterze mieszanym podłużno-poprzecznym); z źródła wstrząśnienia wschodzą się zatem trzy wstrząśnienia, z prędkościami które zależą od orientacyi w przestrzeni, a jeśli się przedstawi graficznie za pomocą diagramu t. zw. powierzchnię falową, złożoną z dwóch elipsoid i z trzeciej powierzchni o kształcie bardzo zawiłym (pow. czwartego stopnia).



Przypomina to nieco teoryę podwójnego załamania w optyce ale stosunki są tu jeszcze więcej zawiłe.

Bardzo ciekawe są też dalsze rozważania Rudzkiego co do praw, według których na granicy takich ośrodków powinno się odbywać załamanie fal, opierające się na zastosowaniu (znanej w optyce) zasady Fermata (najkrótszej drogi) do tego przypadku.

Badania Rudzkiego stanowiłyby zupełny przewrót, zupełną rewolucyę w poglądach na sejsmologię, gdyby istotnie całą kulę ziemską należało uważać za złożoną z takich materyałów różnokierunkowych. Rudzki sam jednak na to zwraca uwagę, że to pewne odnosi się to tylko do zewnętrznych warstw, do głębokości jakich 100 km (w których istnieją silne naprężenia styczne), że natomiast wnętrze ziemi, aż do środka 6270 km, z pewnością uważać można za materyał przybliżenie równokierunkowy.

Tak owe zjawiska prawdopodobnie większą rolę odgrywają tylko w zewnętrznych warstwach ziemi;

Te zaś mogą tłomaczyć pewne osobliwości sejsmogramów, Wiecherta odróżni do fazy I i II, o których bliższe omawianie na tym miejscu już wchodzić nie będziemy.

Dlaczego zaś przypuszczamy, że tylko owa zewnętrzna warstwa ziemi posiada strukturę anizotropową? Przypuszczenie to opieramy na tem, że mianowicie w niej mogą występować największe nierówności ciśnień w różnych kierunkach, podczas gdy w głębszych warstwach (prawdopodobnie) wyrównuje się ciśnienie, w ten sam sposób jak w cieczach, jako ciśnienie hydrostatyczne.

Dowodem tego jest sam fakt, że źródło trzęsień ziemi, t. zw. epicentrum, leży zazwyczaj w bardzo niewielkiej głębokości (pod powierzchnią ziemi) — i to jest również ważnym wynikiem badań Rudzkiego. Podał on wzór teoretyczny, na podstawie którego (z czasów w których fala trzęsienia osiąga różne punkty na powierzchni położone) obliczyć można głębokość ogniska trzęsienia ziemi. I tak n. p. obliczył dla trzęsienia ziemi w Kalabrii 1905 h = 7 km

„ „ „ S. Francisco 1906 16–32 „

i w wielu innych wypadkach otrzymywano zawsze głębokość mniejszą niż 120 km. Rozumiemy to, przyjmując zgodnie z innemi faktami (z dziedziny pomiarów ciężkości), zgodnie z opinią Helmerta i Hayforda, że liczba 120 km określa głębokość, poniżej której już nie ulegają zakłócające równowagę wpływy zewnętrznych ciśnień, sprawowanych będź to kurczeniem się skorupy ziemi bądź zjawiskami meteorologicznemi i geologicznemi lub).

Ten fakt zaś tłomaczy się tem, zważywszy, że głębsze warstwy, podlegające temperaturom wysokim i ciśnieniom niezmiernym, zaczynają okazywać wyższy stopień plastyczności niż zewnętrzne i że z tego też powodu, jeżeli w ogóle nierówności ciśnień w nich powstaną, dalej rychło muszą się wyrównać.

Tym sposobem wyjaśniają się wyniki co do wewnętrznego stanu ziemi otrzymane różnemi drogami niezależnemi

*) Zrozumiemy możliwość takiego obliczenia zważając że ~~prędkość~~ [illegible] fala kulista (pochodząca z ogniska jakiegoś w głębi) [illegible] ~~w danej powierzchni ziemi musi być~~ [illegible] muszą ostrzegnąć prawie równocześnie całym obszarem leżącym ponad ogniska na powierzchni ziemi; [illegible] prędkość rozchodzenia się wzdłuż powierzchni jest zatem olbrzymia (nieskończenie wielka) dla punktu (epicentrum) powierzchni ponad ogniska położonego, a tak samo też dla punktu diametralnie przeciwległego, natomiast musi [illegible] osięgnąć pewną wartość minimalną w jakimś punkcie pośrednim. Odległość owego punktu gdzie prędkość rozchodzenia jest minimalna, od epicentrum, widocznie zależeć musi od głębokości ogniska i [illegible] i znajomość jej ~~umożliwia obliczenie~~ posłużyć może do oznaczenia owej głębokości.

Z jednej strony (niezmolgia) zmusza nas do przyjęcia, że cała konstrukcja skorupy ziemskiej posiada właściwości ciała stałego sprężystego, inaczej fale poprzeczne byłyby wogóle niemożliwe. Dowodzą tego również pewne fakty z teorji przypływu i odpływu morza oraz obliczenia wahań osi obrotu w ciele ziemi (t.zw. wahania szerokości geograficznej), którym również Rudzki poświęcał jedno studjum nadzwyczajnej głębokości, wtedy czasem ogłoszone przez Akademję Krakowską.

4

Z drugiej strony jednak wiemy, że siły tektoniczne, powodujące trzęsienia ziemi oraz procesy górotwórcze, ograniczają się do zewnętrznych warstw (kilku dziesiątek co najwyżej 120 kilometrów grubości); skorupa ta spoczywa na głębszych warstwach o wyższym stopniu plastyczności, które zachowują się wobec nagłych krótko trwałych wstrząśnień jak ciało stałe, natomiast poddawają się siłom wiekowym, górotwórczym podobnie jak masa ciekła plastyczna.

Naprowadza nas to na teorję izostazji, pochodzącą od Airy'ego, Pratta, Duttona, którą i Rudzki się zajmował, zwłaszcza w późniejszych czasach, bardzo obszernie. Według tej teorji lądy i oceany tworzą na ogół, z grubsza, system równowagi hidrostatycznej; góry wzniosły się, gdzie składają się z materjałów lżejszych, pływających jak bryły lodu na wodzie, głębiny wytworzyły się tam, gdzie skorupa składa się z materjałów o większej gęstości. Nie mogę wchodzić w omawianie powodów anomalji ciężkości, które stanowią najsilniejszy argument bezpośredni, przemawiający za tą teorją, ale wspomnę o ciekawym bardzo przyczynku Rudzkiego do tej kwestji.

5

Oparł się on na fakcie, że w Norwegji (Szwecji) znaleziono ślady znacznie wyżej niż obecnie, w wewnętrznych częściach Skandynawii do dowodu, iż morze podczas epoki lodowej sięgało (280 m. powyżej obecnego poziomu, albo raczej może

że ląd wówczas o tyle leżał niżej niż dzisiaj. Jako powód tego można się domyślić ciężaru pokrywy lodowej, która wówczas pokrywała olbrzymie obszary kontynentu europejskiego i amerykańskiego, i musiała spowodować zgniecenie, przytłoczenie warstw skorupy ziemskiej. Otóż obliczenia Rudzkiego dowiodły, że przyjmując ciało ziemi jako masę stałą sprężystą, potrzebaby było pokrywy lodu grubości 7 km, aby spowodować takie obniżenie poziomu, jak to w Norwegii zauważono. Rudzki wyliczył, że do osiągnięcia owego skutku wystarczyłoby pokrycie warstwą lodu grubości 933 m., co uznać trzeba za liczbę zupełnie możliwą i prawdopodobną, uprzytomniwszy sobie dziś panujące stosunki w Grenlandyi, przyjmując natomiast, że zewnętrzne warstwy leżą się na podkładzie plastycznym, uginającym się pod ciężarem lodu i znów wznoszącym się po stopnieniu lodu, jak tego wymaga teorya izostazyi.

Oczywiście nie możemy sobie tego głębszego podkładu wyobrażać jako masę płynną jak wodę, — o tem już wspomniałem, — lecz jako masę plastyczną, powoli się podlegającą ugięciom zewnętrznym i bardzo powoli znów po ich ustąpieniu się wyrównującą. Zgodnie z tem tłomaczy się też, że skutki dawniej omawianych zjawisk i dzisiaj jeszcze trwają. Według Pencka od czasu maksymalnego zlodowacenia półkuli północnej minęło z jakie 30–40000 lat. Lody owe już dawno stopniały, Skandynawia podniosła się po ich ustąpieniu do dzisiaj w swych częściach środkowych o 280 m., ale zjawisko to jeszcze nie ustało i ląd coraz więcej się wynurza w sposób dostrzegalny przy pomiarach dokładnych. Jeszcze wyraźniej występuje to w Ameryce północnej, gdzie północna Kanada, okolice zatoki Hudsona tak szybko się wznoszą, że według zdania niektórych geologów amerykańskich za parę set lat miasto Chicago, leżące na południowym brzegu jeziora Michigan, będzie trzeba chronić tamami od zalania, a za 2000 lat jezioro to już nie będzie odpływać ku wschodowi i do St Lawrence River, tylko na południe do Mississippi.

Wróćmy na tem spekulacyj o powstaniu ziemi i o trwaniu epok geologicznych i tem samem zbliżyliśmy się do słynnego zagadnienia t.zw. wieku ziemi, które niegdyś w tak śmiały i genialny sposób zostało opracowane przez lorda Kelvina, i któremu także Rudzki poświęcił pracę nadzwyczajnie ciekawą. Rudzki, podobnie jak Kelvin, oparł swoje rachunki na założeniu, że ziemia stygnie wskutek utraty ciepła, ale zamiast pewnych hypotetycznych założeń Kelvina przyjął empiryczną podstawę (obliczenie, ile wynosiło) skurczenie powierzchni ziemi spowodowane tym stygnięciem. Wyobraźmy sobie warstwy epoki sylurskiej, wszystkie fałdy gór itd. wyprostowane (wypracował na podstawie danych geologicznych) że powierzchnia (wówczas zajmowała) około 8 mil. km² (?) więcej niż dzisiejsza powierzchnia ziemi. Aby zaś takie nastąpiło skurczenie, według jego rachunków musiał upłynąć czas, który od epoki sylurskiej do dziś dnia oceniał na jakie 139–486 mil. lat, zależnie od dobrania pewnych współczynników niedokładnie znanych. Lord Kelvin, jak wiadomo, na tej zasadzie wiek ziemi obliczył na liczby 40–100 mil. lat. i można to było uważać za pewnego rodzaju zgodność co do rzędu wielkości, umacniającą nasze zaufanie do tych spekulacyj.

Tymczasem wiadomo, że obecnie straciły one wszelką podstawę, (a to) wskutek odkrycia substancyj promieniotwórczych, które już obaliły tyle tradycyj uświęconych (teoryj) wiekami dogmatów, w zakresie fizyki i chemii. Substancje te wywiązują bezustannie ciepło, a ilość ich jest wprawdzie minimalna, rzędu 10^{-12} grama na cm³, ale mimo to ilość ciepła wytworzonego w całej kuli ziemskiej byłaby tak kolosalna, (pod założeniem, że) całe wnętrze zawiera ten sam procent substancyj promieniotwórczych jak zewnętrzne warstwy, że przewyższałaby daleko wszelkie straty ciepła. Nie wiemy oczywiście, czy owe substancje znajdują się też w głębiach ziemi, ale w każdym razie rozumiemy, że jest obecnie rzeczą wątpliwą, czy ziemia wogóle stygnie czy może przeciwnie się ogrzewa

i tem samem wszelkie spekulacye oparte na owej hipotezie straciły racyę bytu.

Rudzki sam to przyznaje w pięknym artykule 7 pod tym... laty napisanym ~~...~~ wskazując wreszcie inną zupełnie metodę oznaczania wieku ziemi, które jakie wytworzyły się ~~...~~ badania transformacyi promieniotwórczych. Widząc z jaką szybkością ~~...~~ metodą promieniotwórczą wytwarza się helium, oraz znając zawartość helu i substancyi promieniotwórczych w różnych minerałach, posiadamy klucz do oceniania wieku tychże, i tym sposobem Strutt otrzymał dla wieku różnych formacyj geologicznych liczby w następującej tablicce zestawione. Inna metoda tego rodzaju, zastosowana przez Holmesa, opierająca się na szybkości transformacyi uranu w ołów i na stosunku tych dwóch pierwiastków w różnych minerałach, dała liczby tego samego rzędu wielkości.

Strutt (helium)			Holmes (Pb : U)	
oligocen	8	mil lat		
eocen	31		węgl.	340
wapień węglowy	150		sylur.	430
archaiczne f.	710		archaicum	1025–1640.

Tak zatem mamy całkiem różną metodą wnioskowania dziwnym trafem znów (nie odbiegając zbytnio co do rzędu wielkości od wszystkich poprzednich spekulacyi, miarowania) doprowadzony do wniosku, że wiek ziemi może się liczyć na setki (a może i tysiące) milionów lat.

Wspomniałem dotychczas tylko o głównych tematach badań Rudzkiego z zakresu fizycznej geofizyki, ~~...~~ (związanych w pewnym rodzaju logicznym całość ogólnem wiem znaczeniu ~~dla teoryi~~ ...)

~~Nie tylko już pozostało bardzo ciekawych jego prac nad teoryą fal ... w których skrytykował teoryę Helmholtza i wykazał pewne zasadnicze jej wady. Nie mogę omawiać jego prac nad ... ani krytycznych uwag nad ... temperatury w ... ani licznych umiejętnych przyczynków do różnych działów geofizyki.~~

Wspomnieć wypada jeszcze o dwóch jego dziełach, w których całokształt tej nauki przedstawił w sposób prawdziwie mistrzowski (fundamentalne dzieło ~~...~~ o Fizyce Ziemi, które się ukazało 1909 w języku ... (Julium z ...) nie mające równego sobie w całej literaturze zagranicznej)

~~polskiego (1911) [illegible] słownikiego; drugi jest Podręcznik meteorologji, który ukończony pod [illegible] wydanym w Warszawie wyjdzie z druku, w którym autor~~ Podręcznik meteorologji zaś jest kolosalnie pisany pod pewnym względem (stoi na poziomie naukowym, zawsze wydaje mu się) przystępnie, bez ciężkiego aparatu matematycznego, (podręczników działu) zagranicznych, że meteorologja nie występuje w nim jako zbiór statystycznych reguł empirycznych, tylko przybiera postać — o ile to możliwe w dzisiejszym stanie wiedzy — nauki o fizyce atmosfery. A to jest oczywiście kierunek, w którym ta nauka dziś się rozwija i w którym postępując, kiedyś stanie się gałęzią nauk ścisłych, równorzędną z innemi działami geofizyki.

Jeśli na końcu jeszcze raz uprzytomnimy sobie całą działalność Rudzkiego na polu geofizyki, przyznać musimy, że nie tylko problemy, które sobie stawiał, były wielkie, ale także plon jego pracy wielkim był. A przy bliższem studyowaniu jego dzieł potęguje się wrażenie głębokiej czci dla ~~[illegible]~~ tego umysłu, którego, jak się zdaje, najsilniejszą sprężyną było bezwzględne, fanatyczne zamiłowanie prawdy. Ono było powodem jego nieufności względem wszystkich hipotez, jego pamiętliwego krytycyzmu względem siebie i innych, jego ścisłości w rozumowaniu, ono było źródłem jego pomysłów naukowych. —

~~[illegible]~~

1 Poradnik dla Samouków

2 Sur la détermination de la figure de la Terre d'après les mesures de la gravité Bull. Astr. 22 p. 49–76, 1905

1 Stacja sejsmiczna w Krakowie, S. Francisco i Debra Dun Bull. Crac. 1907 p. 937–958
p. 1081

3 O rozchodzeniu się drgań podczas trzęsień ziemi Rozpr. Ak. Krak. 33, 348–376, 1898

O kształcie fali sprężystej w pokładach ziemskich 33, 377–397, 1898

O pewnym zjawisku podobnym do dyspersji optycznej 36, 115–126, 1898

O kształcie fali sprężystej w pokładach ziemskich 39, 143–157, 1900

(Sur la nature des vibrations sismiques Boll. Soc. Sism. It. 6) 1900

Parametrische Darstellung der elastischen Welle in anisotropen Medien. Bull. Crac. 1911, 503–536
Sur la propagation de l'onde élastique superficielle Bull. Crac. 1912 p. 47–56
Essai d'application du principe de Fermat aux milieux anisotropes " 1913, 241–253

Ausgleichsflächen in Erdbebenkunde D. Naturwissenschaften 1913 p. 406–407

Über die Theorie d. Erdbebenwellen " 1915 ?

~~O głębokości ogniska trzęsienia ziemi w Kalabrji w dniu 8 września 1905~~ Bull. Crac. 1907, 40–44

Über die Tiefe d. Herdes des Erdbeben in Calabrien am 8 Sept. 1905

5 O odkształcaniu się ziemi pod ciśnieniem wielkich lodowców ~~Bull. Crac.~~ Rozpr. 37 176–224, 1900

Dalsze badania nad odkszt. ziemi pod w. v. l. Wytopienie wielkich lodowców 39, 109–136, 1902
Deformation d. Erde unter d. Eislast Zeitschr. f. Gletscherkunde ~~[illegible]~~ I 182–192 (1906)

5 Teorja fizycznego stanu kuli ziemskiej Rozpr. 37, 225–421 (1900)

6 O wieku ziemi Rozpr. 41, 96–133, 1901

7 L'Age de la Terre Scientia 13, 161–173 (1913)

8 [illegible] d. Bewegung d. Horizontalpendels Beitr. z. Geophysik 6, 138–155, 1903

1908) 9) Ueb. d. dynamischen Elast. Konstanten d. Erdbebenwarte 7 (1908) 6 str.

10). Przyczynek do teorii fal   Rozpr. 29, 399-403   1895

" " " " nieciszczych   30   393-403   1896

11). Ue. d. Ras. z 2 Cr   Anz. z Szeptycki   13, 338-347, 1914

12). O prawie rozkładu temp. wewnątrz ... Prace Mat-fiz. 13, 341-351 4.

13). Von d. Struktur d. Erde   Astron. Zeitschr. 1913, 458-459

14). { Fizyka ziemi   Kraków 1909   XI + 538 ...
Physik d. Erde   Leipzig 1911   Teubner   VIII + 584 }

15). Zarys meteorologii

~~Tym pobieżnym szkicem~~, ~~tak samo jak nie~~ ~~[illegible]~~ Powtarzam (na końcu raz jeszcze) że nie sądzę oczywiście bynajmniej, żeby te wszystkie rozważania wyświetlały już wszelkie problemy filozoficzne, związane z ogólnem pojęciem przypadku i prawdopodobieństwa. Ale sądzę, że to i ~~[illegible]~~ filozofa może ~~pociągnąć przedew~~ zainteresować, jeżeli ~~choć na gruncie tym tezenie~~ dowieść można, że pojęcia przypadku i prawdopodobieństwa, choć w tem zacieśnionem znaczeniu ~~jakie odgrywają~~ jak ~~[illegible]~~ się ich używa w fizyce, posiadają treść całkiem objektywną, ~~[illegible]~~ charakterystyczną dla pewnej kategorji związków przyczynowych, i że na tej podstawie sama geneza przypadku z niezmiennych praw przyrody się daje zrozumieć, jak i też owe mistyczne prawo wielkich liczb, które niektórzy autorowie nam chcieli narzucić jako jakąś ogólną ~~[illegible]~~ zasadę ~~prawo~~ filozofii przyrody.

Oprócz nich Rudzki dał nam jednak jeszcze cały szereg ważnych i ciekawych przyczynków do różnych innych kwestyj, wchodzących bądź to w zakres hydrodynamiki (właściwej mechaniki) bądź to fizyki atmosfery.

W studjum [8] o ruchu wahadła poziomego (między innemi n.p. 25) uzupełnia matematycznie teorję przyrządu (przez fizyków tak cenionego) i wykazuje pewną zasadniczą wadę tego [?]. W pracy [9] innej rozległej, teorję drgań (łączącej się z badaniami swemi nad fal. trzęsień ziemi) prętów wyciętych z różnokierunkowego materjału (gnejs, łupek i t.p.) i tym samym podał sposób określania współczynników sprężystości takiego materjału. W zakres hydrodynamiki zaś wchodzą dwie ważne prace [10], w których skrytykował Helmholtza teorję fal wodnych, i udowodnił że fale nieduże postępowe [illegible] bez równoczesnego prądu postępowego.

Teoretycznie interesującą jest dalej praca [11], w której bada mechanizm przewodzenia ciepła w płynącej masie cieczy (rzece lub prądzie morskim).

W innej rozprawie [12] rozstrzyga pewne problemy kosmogoniczne: kwestyę rozkładu temperatury wewnątrz ciała niebieskiego gazowego, (reguluje układ oraz wyjaśnia) kosmofizyczny [?] (mogą nawet) żywo dyskutowaną przez uczonych amerykańskich. (Z. See....)

Mniejszy, ale ciekawy przyczynek (do fizyki atmosfery) [13] stanowi obliczenie współczynnika promieniowania cieplnego dla powietrza. Nie wchodzimy już w analizę artykułów więcej popularnej treści z zakresu geofizyki i meteorologii lub [illegible], a wreszcie cennemi uwagami wzbogaconych referatów jakie ogłaszał n.p. w Naturwissenschaften, Erdbebenwarte, i t.p.

~~Raben, Helmu., Sarb., Szyd., Jorgu., Dzier., Myc., Sam., Stejś., Smol.~~

~~Stroński, Chrzan., Wyszkow., Sob., Iskan., Żór., Stenz, Acz., Rosw., Bem.~~

~~Żor., Łuk., Semp., Windeff., Zawadz., Brzyk.~~

Wspomnieć jednak wypada jeszcze o dwóch jego dziełach, w których całokształt tej nauki przedstawił w sposób prawdziwie mistrzowski; o „Fizyce Ziemi", która ~~się ukazała~~ wyszła w ~~r.~~ roku 1909 w języku polskim a w 1911 w uzupełnionym wydaniu niemieckim, oraz o podręczniku meteorologji 15 który ukończony przed wojną już po śmierci autora obecnie w Warszawie wychodzi drukiem. ~~[illegible]~~ Fizyka Ziemi jest dziełem na wskroś oryginalnym, może jedynym w całej światowej literaturze ~~[illegible]~~ w którym [illegible] ~~[illegible]~~ ~~[illegible]~~ gruntownie systematycznie i zgodnie z obecnym stanem nauki, całą fizykę lito- i hydrosfery, przy czym ~~[illegible]~~ ogromnie własne badania autora w odpowiedni sposób zostały uwzględnione.

14